SESSION IA

DISCUSSIONS

1) Questions de R. BONNEFILLE à F. LOISEAU, D. TCHEUKAM-TOKO et F. MARIN

a) Quel calculateur utilisez-vous et quels sont les temps de calcul ?
b) Vous ne donnez pas de références bibliographiques est-ce que cela veut dire que votre approche est inédite ?

Question de M. NACIRI à F. LOISEAU, D. TCHEUKAM-TOKO et F. MARIN

Vous avez mentionné les difficultés informatiques liées à la discrétisation verticale du domaine fluide d'une part, et, d'autre part, la difficulté de retrouver le module et la phase de la vitesse à l'infini.

Dans quelle mesure, le modèle classique (étude de 4 à 6δ) n'est-il pas finalement adapté à ce problème ?

Réponses

D'un point de vue simulation numérique, ce problème a été abordé très tôt. Le problème n'est pas directement résolu sur toute la hauteur d'écoulement mais sur un domaine de dimensions représentatives vis à vis du phénomène étudié (voir SMITH & al. (1985), HUYNH-THANH (1990), BLONDEAUX & al. (1991), TANAKA & al. (1993), TEMPERVILLE & al. (1995), SHUM (1995), etc.). On notera que la même approche numérique est adoptée pour caractériser la couche limite générée par la houle sur un fond ridé. Les conditions aux limites sont identiques. Le problème est alors résolu sur un domaine de travail qui correspond à une transformation conforme du domaine de référence.

Pour le problème nous concernant, il est utile de rappeler que le domaine global d'écoulement peut être décomposé en deux parties distinctes.
La première correspond à une zone proche de la paroi où les contraintes visqueuses ne sont pas négligeables (voir LAMB (1932)), elle englobe la couche limite générée par l'écoulement dit à l'infini.
Cette dernière zone correspond à la deuxième décomposition du domaine, le mouvement des masses fluides est essentiellement dicté par le gradient de pression généré par le comportement spatial et temporel de la surface libre. L'écoulement est souvent supposé irrotationnel et les effets visqueux sont supposés négligeables. Par contre il est certain que les mouvements de masse présents conditionnent le profil cinématique de la couche limite.

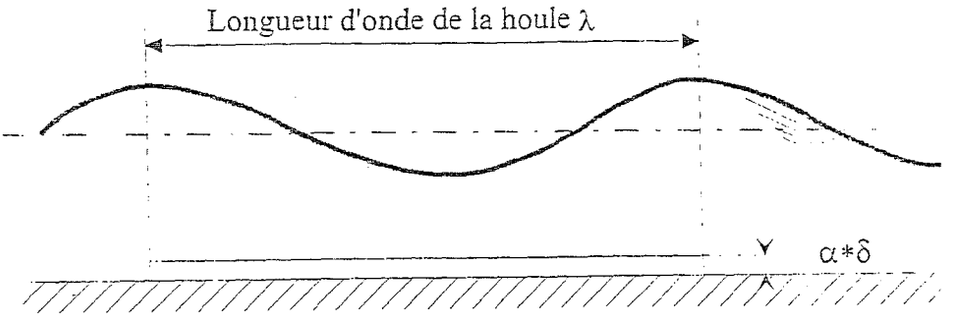

figure F 1 : localisation du domaine usuellement utilisé pour décrir le comportement de la couche limite

La partie supérieure a fait l'objet de nombreuses études. Des solutions qui correspondent à des hypothèses données et à un degré donné d'approximations, ont été développées.
L'approche numérique adoptée par les auteurs cités ci-dessus consiste à prendre un domaine spatial englobant uniquement la couche limite (voir figure F 1). L'écoulement supérieur n'est pas étudié. Le comportement de la surface libre n'est donc pas abordé. Le raccord entre ces deux domaines s'effectue en imposant à la frontière séparant les deux domaines la vitesse du fluide, cette dernière correspond à la vitesse du signal étudié.

Ainsi, le domaine choisi est rectangulaire, ces dimensions géométriques sont représentatives du signal amont. La hauteur du domaine est de l'ordre de 3 à 5 fois la hauteur évaluée de la couche limite et comme la houle est supposée périodique et parfaitement établie, la largeur du domaine correspond à la valeur d'une longueur d'onde (voire figure F 2).

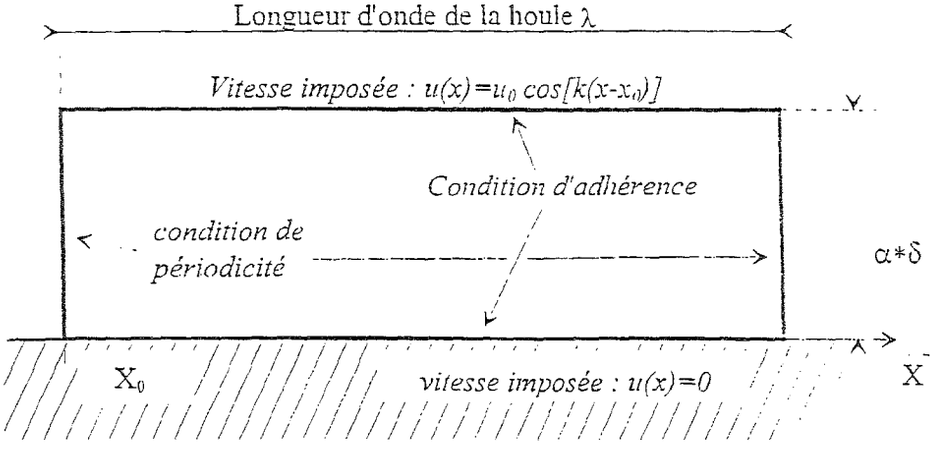

Figure F 2 : Définition des conditions aux limites adoptées pour le domaine de résolution

Les conditions aux limites adoptées sont les suivantes :

- une condition d'adhérence est imposée à la paroi inférieure, celle-ci est immobile et est située à la cote z =-h,
- sur la paroi supérieure (coplanaire), la vitesse du fluide est imposée, elle correspond à celle du signal, elle est donnée par un modèle analytique à la côte $z=-h+\alpha.\delta$ couplée avec une condition d'adhérence.
- sur les parois latérales, une condition de périodicité est appliquée.

Le domaine et les conditions aux limites sont parfaitement définis, les équations résolues sont celles de la mécaniques des fluides, à savoir les équations de conservation de quantité de mouvement et de quantité de masse.
Le gradient de pression horizontal est généralement modélisé sous la forme :

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \left.\frac{\partial U_{imposé}}{\partial t}\right|_{z=-h+\alpha.\delta} \qquad (1)$$

La vitesse $U_{imposée}$ reproduit la vitesse à l'infini, elle conditionne le gradient de pression :

$$U_{imposé}\big|_{z=-h+\alpha.\delta} = f(x) \qquad (2)$$

On notera ainsi que le problème abordé constitue une approche.
Plusieurs remarques peuvent être faites :

- Le problème ainsi défini reproduit d'une part une configuration idéaliste et qui de ce fait est éloignée de la réalité et d'autre part, l'écoulement est supposé établi et temporellement reproductible. De plus le signal étudié ici, la houle, peut être assimilé à tout autre écoulement dicté par un gradient de pression horizontal oscillant (voir LAMB (1932)). Une analogie directe peut être faite avec un écoulement de Poiseuille pour lequel on a une première paroi immobile et une seconde coplanaire et mu par un mouvement oscillatoire. Un autre écoulement analogue est celui d'un écoulement oscillant dans un cylindre. On notera que ce dernier écoulement à permis expérimentalement d'approcher la physique présente au niveau de la couche limite, on rappellera ainsi les travaux de HINO & al. (1976 et 1983), JENSEN & al. (1989), etc. Les écoulements étudiées sont généralement turbulents.
- D'un point de vue numérique, le domaine reproduit correspond à un écoulement en milieu confiné, il apparaît ainsi que la solution obtenue est fortement dépendante de la vitesse fournie sur la paroi supérieure et des différentes conditions aux limites. Compte tenue du choix dimensionnel du domaine de calcul, il est impératif de garantir une indépendance de la solution vis à vis des caractéristiques géométriques du domaine et principalement vis à vis de la hauteur du domaine.
- Ce type de technique ne peut pas prendre en compte des non-linéarités présentes pour certains types d'écoulement et notamment dans le cas d'un écoulement de houle et de courant où notamment une simple addition de deux modèles analytiques ne peut être satisfaisante. Pour ce dernier il faut noter que la hauteur de couche limite du courant seul n'est pas du même ordre de grandeur que celle obtenue pour la houle. L'ordre de grandeur des nombres de Reynolds ramenés à la hauteur de la couche limite n'est également pas du même ordre. Il apparaît notamment que pour des écoulements de houle seule et de courant seul, l'écoulement de houle est laminaire et l'écoulement de courant turbulent. Aborder un écoulement combiné nécessite de prendre certaines précautions que ce type de méthode ne peut prendre en compte.

Ce constat nous a amené à aborder le problème différemment. Le choix s'est porté sur une résolution complète de l'écoulement sur toute la hauteur d'eau en prenant en compte le comportement de la surface libre.

Le principal avantage est de pouvoir s'affranchir de la dépendance des conditions aux limites, d'avoir une certaine indépendance vis à vis du signal imposé en entrée du canal, d'avoir localement un gradient de pression parfaitement restitué et d'éviter de poser certaines hypothèses (notamment sur les termes de gradient de pression et de convection) permettant une simplification du problème.

Cette approche paraît inédite, néanmoins il demeure que l'approche adoptée pour caractériser un problème de mécanique des fluides est classique.

Par contre ce choix est relativement coûteux.
Pour les résultats de couche limite indiqués dans la communication, les calculs ont été effectués sur une station de calcul du type DIGITAL DEC 3000 ayant 64 Méga de RAM. Le maillage utilisé comprend environ 40 000 points. Le temps de calcul CPU est de l'ordre de 10 heures. Ce temps de calcul est important, néanmoins l'utilisation de calculateurs plus puissants (CRAY C98) devrait permettre d'une part d'obtenir des temps de calcul moindres et d'autre part d'augmenter localement la définition verticale du maillage.

REFERENCES :

- P. BLONDEAUX AND G. VITTORI, "VORTICITY DYNAMICS IN AN OSCILLATORY FLOW OVER A RIPPLED BED", JOURNAL OF FLUID MECHANICS, VOL. 226, PP 257-289 (1991)
- MIKIO HINO, MASAKI SAWAMOTO & SHUJI TAKASU, "EXPERIMENTS ON TRANSITION TO TURBULENCE IN AN OSCILLATORY PIPE FLOW", JOURNAL OF FLUID MECHANICS, VOL. 75, PP 193-207 (1976)
- MIKIO HINO, M. KASHIWAYANAGI & SHUJI TAKASU, "EXPERIMENTS ON THE TURBULENCE STATISTICS AND THE STRUCTURE OF A RECIPROCATING OSCILLATORY FLOW", JOURNAL OF FLUID MECHANICS, VOL. 151, PP 363-400 (1983)
- HUYNH-THANH S., "ETUDE NUMERIQUE DE LA COUCHE LIMITE TURBULENTE OSCILLATOIRE GENEREE PAR L'INTERACTION HOULE-COURANT EN ZONE COTIERE", THESE DE DOCTORAT, I.N.P. DE GRENOBLE (1990)
- B.L. JENSEN, B.M. SUMER & J. FREDSOE, "TURBULENT OSCILLATORY BOUNDARY LAYERS AT HIGH REYNOLDS NUMBERS", JOURNAL OF FLUID MECHANICS, VOL. 206, PP 265-297 (1989)
- HORACE LAMB, "HYDRODYNAMICS", CAMBRIDGE AT THE UNIVERSITY PRESS, 6IEME EDITION (1932)
- P.A. SMITH AND P.K. STANSBY, "WAVE-INDUCED BED FLOWS BY A LAGRANGIAN VORTEX SCHEME", JOURNAL OF COMPUTATIONAL PHYSICS, VOL. 60, P 489-516 (1985)
- HITOSHI TANAKA & AHMAD SANA, "NUMERICAL STUDY ON TRANSITION TO TURBULENCE IN A WAVE BOUNDARY LAYER", EUROMECH 310, "SEDIMENT TRANSPORT MECHANISMS IN COASTAL ENVIRONMENTS AND RIVERS, 13-17 SEPTEMBRE 1993, LE HAVRE, FRANCE. WORLD SCIENTIFIC PUBLISHING, PP 14-25 (1993)
- A. TEMPERVILLE & TRAN THU T., "COUCHE LIMITE OSCILLATOIRE SUR UN FOND MARIN EN PRESENCE DES RIDES POINTUES", 5EME JOURNEES DE L'HYDRODYNAMIQUE, 22-27 MARS 1995, ROUEN, FRANCE, PP 145-157 (1995)
- K.T. SHUM, "A NUMERICAL STUDY OF THE WAVE-INDUCED SOLUTE TRANSPORT ABOVE A RIPPLED BED", JOURNAL OF FLUID MECHANICS, VOL 299, PP 289-331 (1995)

2) Remarque de R. BONNEFILLE à C. CHEVALIER et M. SANCHEZ

Vous écrivez d'une part $H_{1/3} = 4\sqrt{m_o}$ et d'autre part $H_{1/3} = 4{,}03\sqrt{m_o}$!
Je voudrais vous préciser que la valeur théorique est $H_{1/3} = 4{,}005\sqrt{m_o}$ par application de la relation, pour n = 3,

$$\overline{H}_{1/n} = 2\sqrt{mo}\left[\sqrt{\ln(n)} + n\int_{\sqrt{\ln(u)}}^{\infty} \exp(-u^2)du\right]$$

pour n = 1 $\quad H_{1/1} = 2{,}506\sqrt{m_o}$
pour n = 10 $\quad H_{1/10} = 5{,}0912\sqrt{m_o}$.

3) Remarque et question de J. LABEYRIE à C. CHEVALIER et M. SANCHEZ

Tout d'abord un commentaire. La modélisation de la houle a beaucoup progressé ces dernières années grâce aux nombreuses campagnes d'instrumentation. Sur le plan de la représentation, les processus stochastiques et notamment gaussiens ont permis d'accéder à une caractérisation en terme d'état de mer comme état stationnaire avec un contenu spectral. Les simulations proposées par C. CHEVALIER s'intègrent pleinement dans ce contexte théorique explicatif.
L'auteur a-t-il eu l'opportunité d'analyser les limites et les avantages de telles formulations sur des données réelles ?

Réponse

Non.

4) Remarque de R. BONNEFILLE à F. SCHOEFS et J. LABEYRIE

J'ai l'impression qu'on applique des développements bien compliqués sur la formule de Morison qui est bien simpliste.

5) Question de M. BELORGEY à F. SCHOEFS et J. LABEYRIE

La formule de Morison O'Brien pour le calcul des efforts est très exploitée, mais des études récentes ont montré qu'elle était très approximative et ne prenait pas en compte tous les phénomènes physiques (circulation, turbulence...). Ne pensez vous pas que son exploitation associée à des fonctions d'approximation cache une réalité physique qui risque de ne jamais être prise en considération, et de ce fait conduire à des choix dangereux dans certains cas particuliers ?

Réponse

Quelques commentaires sur la complexité des écoulements fluides autour des cylindres constituants de la structure des plates-formes pétrolières. La formulation de Morison ne repose pas sur un modèle d'écoulement mais permet de séparer les effets en termes de traînée et d'inertie. Il est bien connu que cette approximation est grande pour les éléments horizontaux. Ce qui importe dans un calcul de structure ce sont les grandeurs relatives et la prise en compte des incertitudes. Pour un comportement en quasi-statique, l'approche de type surface de réponse présentée par F. SCHOEFS permet de montrer qu'une telle représentation est bien maîtrisée (ratios, efforts verticaux, horizontaux, CD et CM variables aléatoires liées à l'état de mer,...). Pour des phénomènes où les amplifications dynamiques (ex : résonance haute fréquence, effets tourbillonnaires, ...) sont importantes, il convient d'affiner de tels modèles par des améliorations à un ordre plus élevé.